



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003109157/09, 01.04.2003

(24) Дата начала действия патента: 01.04.2003

(45) Опубликовано: 20.03.2005 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: S. ABETA et al. Performance comparison between time- multiplexed pilot channel and parallel pilot channel for cohereht rake combining in DS-CDMA mobile radio. IEICE Trans. Commun., vol.E81-B, no.7, July 1998, p.1417-1425. RU 2187209 C2, 10.08.2002. US 5490165 A, 06.02.1996. EP 536687 A3, 03.11.1993.

Адрес для переписки:

394077, г.Воронеж, Московский пр-кт, 97, ЗАО  
"Кодифон", В.А. Фурсовой

(72) Автор(ы):

Гармонов А.В. (RU),  
Манелис В.Б. (RU),  
Каюков И.В. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

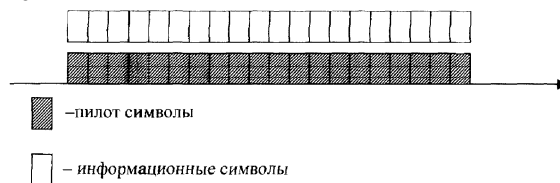
Гармонов Александр Васильевич (RU)

## (54) СПОСОБ КВАЗИКОГЕРЕНТНОГО ПРИЕМА МНОГОЛУЧЕВОГО СИГНАЛА И УСТРОЙСТВО ЕГО РЕАЛИЗУЮЩЕЕ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к области радиотехники и может использоваться в приемных устройствах базовой и мобильной (абонентской) станций. Предлагаемый алгоритм квазикогерентного приема многолучевого сигнала при непрерывном пилот-сигнале основан на адаптивном к частоте замираний алгоритме оценки комплексной огибающей, который использует как пилот, так и информационный сигнал. Использование информационных символов для оценки комплексной огибающей позволяет в условиях слабого пилот-сигнала существенно увеличить точность оценки комплексной огибающей

сигнала и, как следствие, заметно уменьшить вероятность ошибки оценки информационных параметров. Технический результат - повышение помехоустойчивости приема сигналов с непрерывным относительно слабым пилот-сигналом в произвольных каналах, в том числе с быстрыми замираниями. 2 н. и 7 з.п. ф-лы, 10 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2003109157/09, 01.04.2003**

(24) Effective date for property rights: **01.04.2003**

(45) Date of publication: **20.03.2005 Bull. 8**

Mail address:  
**394077, g.Voronezh, Moskovskij pr-kt, 97, ZAO  
"Kodofon", V.A. Fursovoj**

(72) Inventor(s):  
**Garmonov A.V. (RU),  
Manelis V.B. (RU),  
Kajukov I.V. (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**Garmonov Aleksandr Vasil'evich (RU)**

(54) **METHOD FOR QUASI-COHERENT RECEIPT OF MULTI-BEAM SIGNAL AND DEVICE FOR REALIZATION OF SAID METHOD**

(57) Abstract:

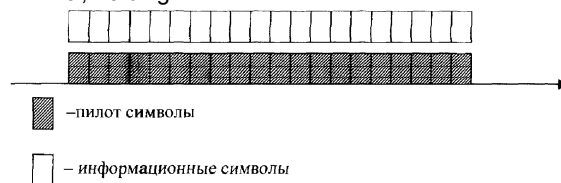
FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: suggested algorithm for quasi-coherent receipt of multi-beam signal with continuous pilot signal is based on algorithm, adaptive to freeze frequencies, for estimation of complex skirting curve, which uses both pilot and information signal. Use of information symbols for estimation of complex skirting curve allows, with weak pilot signal, to substantially increase precision of estimation of said curve and, as a

result, significantly decrease possible error of information parameters estimation.

EFFECT: higher interference resistance.

2 cl, 10 dwg



Фиг. 1

RU 2 2 4 8 6 7 4 C 2

RU 2 2 4 8 6 7 4 C 2

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к способам квазикогерентного приема сигнала в системах связи с кодовым разделением каналов, и может использоваться в приемных устройствах базовой и мобильной (абонентской) станций.

5 Принимаемый сигнал представляет собой MPSK или MQAM сигнал с расширяющей кодовой псевдослучайной последовательностью (ПСП), прошедший через многолучевой канал связи и наблюдаемый на фоне шумов. Сигналы лучей (компонент многолучевого сигнала) подвержены в общем случае независимым замираниям (федингу). Частота фединга, определяемая частотой несущей и скоростью движения мобильной станции,  
10 может быть значительной. Передаваемое сообщение представляет собой последовательности информационных символов и пилот-символов (см. фиг.1). Пилот и информационный сигналы при этом являются ортогональными. Такой тип пилот-сигнала называют непрерывным пилот-сигналом. Пилот-сигнал предназначен для оценки комплексной огибающей принимаемого полезного сигнала, необходимой для  
15 квазикогерентного приема. При относительно слабом непрерывном пилот-сигнале качество оценки комплексной огибающей по пилот-сигналу, а следовательно, и качество квазикогерентного приема становится неудовлетворительным.

Известен способ квазикогерентного приема, в котором оценка комплексной огибающей осуществляется по пилот-символам, входящим во временной интервал "скользящего окна",  
20 описанный в статье Gorazza G. E., de Gaudenzi R. Pilot-Aided Coherent Uplink for Mobile Satellite CDMA Networks // IEEE Trans. Commun. - May 1999. - Vol.47. No.5. - P.773-784. В соответствии с описанным способом оценка комплексной огибающей информационного символа представляет собой сумму оценок комплексной огибающей пилот-символов окна, центр которого находится в интервале оцениваемого информационного символа (см.  
25 фиг.2). Полученную оценку комплексной огибающей используют для оценки информационного символа.

Такой алгоритм оценки комплексной огибающей предполагает, что на интервале скользящего окна комплексная огибающая принимаемого сигнала изменяется слабо и  
30 используется достаточно мощный пилот-сигнал. При быстрых замираниях условие постоянства комплексной огибающей на интервале скользящего окна не выполняется, и точность оценки комплексной огибающей падает. При уменьшении длины скользящего окна точность оценки комплексной огибающей падает, если мощность пилот-сигнала мала.

Известен способ квазикогерентного приема, описанный в Abeta S., Sawahashi M., Adachi F., Performance comparison between time-multiplexed pilot channel and parallel pilot channel for coherent rake combining in DS-SS mobile radio// IEICE Trans. Commun. - July 1998. -  
35 vol.E81-B, no.7. - P.1417-1425. В соответствии с описанным способом квазикогерентного приема оценка комплексной огибающей информационного символа осуществляется с помощью линейной фильтрации оценок комплексной огибающей пилот-символов (см. фиг.3). В работе предлагается несколько вариантов импульсной характеристики фильтра,  
40 отличающихся по длительности и форме. При этом форму импульсной характеристики фильтра оптимизируют под некоторую среднюю частоту замираний входного сигнала.

Фиксирование импульсной характеристики фильтра упрощает реализацию алгоритма, однако отказ от адаптации к частоте замираний приводит к ухудшению помехоустойчивости. При быстрых замираниях сигнала полоса пропускания фильтра  
45 оказывается меньше ширины спектра входного сигнала, что приводит к подавлению высокочастотной части спектра полезного сигнала. При медленных замираниях сигнала полоса пропускания фильтра оказывается существенно больше ширины спектра полезного входного сигнала, что приводит к ухудшению качества оценки комплексной огибающей сигнала.

50 Наиболее близким к предлагаемому решению является метод квазикогерентного многолучевого приема и устройство для его реализации с блоком обработки, приведенные в статье Abeta S., Sawahashi M., and Adachi F. Adaptive channel estimation for coherent DS-SS mobile radio using time-multiplexed pilot and parallel pilot structures // IEICE Trans.

Commun. - Sept. 1999. - Vol.E82-B. No.9. - P.1505-1513. Здесь многолучевой приемник состоит из нескольких однолучевых приемников, которые вырабатывают мягкие решения об информационных символах. Объединение мягких решений производят в соответствии с критерием максимизации отношения сигнал-шум на выходе приемника.

5       Описанный способ заключается в следующем.

- для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют последовательность корреляционных откликов пилот и информационных символов, определяя корреляцию входного сигнала с известной ПСП на интервалах длительности каждого символа,

- запоминают корреляционные отклики пилот и информационных символов,

10       - для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-сигналу, фильтруя корреляционные отклики пилот-символов,

- для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных

15       символов и оценки комплексной огибающей этих символов,

- формируют объединенные мягкие решения об информационных символах, суммируя мягкие решения об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала.

Корреляционные отклики пилот-символов фильтруют, формируя взвешенные суммы корреляционных откликов пилот-символов.

20       Весовые коэффициенты фильтрации определяют, используя оценку автокорреляционной функции синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей символов.

Формирование оценки автокорреляционной функции синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей символов производят по корреляционным откликам

25       пилот-символов.

Мягкие решения об информационных символах формируют, умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные оценки комплексной огибающей информационных символов.

30       Для реализации такого способа используется устройство, представленное на фиг.4, где обозначено:

1 - однолучевые квазикогерентные приемники,

2 - блок корреляции,

3 - блок задержки,

4 - генератор ПСП,

35       5 - демодулятор информационного канала,

6 - демодулятор пилот-канала,

7 - блок обработки,

8, 9 - первый и второй сумматоры,

10 - блок управления,

40       Устройство содержит N однолучевых квазикогерентных приемника 1-1 - 1-N, блок управления 10, первый 8 и второй 9 сумматоры. В состав каждого приемника входят демодуляторы информационного 5 и пилот-канала 6 и блок обработки 7. Каждый демодулятор 5 и 6 содержит блок корреляции 2, блок задержки 3, генератор ПСП 4. Первый и вторые входы блоков корреляции 2 (первые и вторые входы демодуляторов 5 и 6) объединены между собой и являются входами синфазной и квадратурной составляющих

45       входного многолучевого сигнала и первым и вторым входами каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N. Третий и четвертый входы блока корреляции 2 соединены с выходами генератора ПСП 4, которые являются выходами ПСП, соответствующих синфазной и квадратурной составляющим сигнала. Вход генератора ПСП

50       4 и третий вход блока задержки 3 демодуляторов 5 и 6 однолучевых квазикогерентных приемников 1-1 - 1-N объединены, являются третьим (объединенным) входом каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N, который соединен с выходом значений временных положений сигналов лучей в принимаемом многолучевом сигнале

блока управления 10. Первый и второй выходы блока корреляции 2, которые являются выходами корреляционных откликов символов, соединены со входами блока задержки 3, выходы которых являются выходами соответствующего демодулятора 5 и 6. Первый и второй выходы демодулятора информационного канала 5, которые являются выходами корреляционных откликов информационных символов, соединены с первым и вторым входами блока обработки 7. Первый и второй выходы демодулятора пилот-канала 6, которые являются выходами корреляционных откликов пилот-символов, соединены с третьим и четвертым входами блока обработки 7. Выходы блока обработки 7, которые являются одновременно выходами соответствующего однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N и выходами мягких решений об информационных символах, соединены с соответствующими входами первого 8 и второго 9 сумматоров. Выходы сумматоров 8 и 9 являются выходами оценок информационных символов и выходами устройства.

Работает устройство прототип следующим образом.

Синфазная и квадратурная составляющие входного сигнала поступают в однолучевые приемники 1-1 - 1-N, а именно, на первые и вторые входы демодулятора информационного канала 5 и демодулятора пилот-канала 6, которые одновременно являются первыми и вторыми входами блоков корреляции 2. На третий и четвертый входы блоков корреляции 2 с выходов генератора ПСП 4 поступают известные ПСП, соответствующие синфазной и квадратурной составляющим сигнала. Состояниями генератора ПСП 4 управляет блок управления 10 в соответствии со значениями временных положений сигналов лучей в принимаемом многолучевом сигнале. С выходов блоков корреляции 2 сигналы, представляющие собой корреляционные отклики символов, поступают через блок задержки 3 на выходы демодулятора 5 или 6. С первого и второго выходов демодулятора информационного канала 5 корреляционные отклики информационных символов поступают на первый и второй входы блока обработки 7. С первого и второго выходов демодулятора пилот-канала 6 корреляционные отклики пилот-символов поступают на третий и четвертый входы блока обработки 7. Временем задержки сигнала в блоке задержки 3 управляет блок управления 10 в соответствии со значениями временных положений сигналов лучей в принимаемом многолучевом сигнале так, чтобы корреляционные отклики соответствующих символов всех лучей приходили на блоки обработки 7 однолучевых квазикогерентных приемников одновременно. Выходные сигналы блока обработки 7 являются одновременно выходными сигналами соответствующего однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N и представляют собой мягкие решения об информационных символах. С первого и второго выхода блока обработки 7 каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-I,  $I = \overline{1, N}$  синфазные и квадратурные составляющие мягких решений об информационных символах поступают на I-ые входы первого и второго соответственно сумматоров 8, 9. В сумматорах 8 и 9 мягкие решения всех однолучевых приемников объединяются, а именно, суммируются. Выходные сигналы многолучевого квазикогерентного устройства поступают с выходов сумматоров 8, 9 и представляют собой оценки информационных символов. Блок управления 10 обеспечивает синхронность работы блоков приемника.

Блок обработки для устройства прототипа, приведенный в статье Abeta S., Sawahashi M., and Adachi F. Adaptive channel estimation for coherent DS-CDMA mobile radio using time-multiplexed pilot and parallel pilot structures // IEICE Trans. Commun. - Sept. 1999. - Vol.E82-B. No.9. - P.1505-1513, представлен на фиг.5, где обозначено:

11-I, 11-Q - узлы фильтрации //(синфазного) и Q (квадратурного) каналов,

12 - узел задержки,

13 - решающий узел.

Блок обработки 7 содержит узел фильтрации синфазного канала 11-I, узел фильтрации квадратурного канала 11-Q, узел задержки 12 и решающий узел 13. Первый и второй входы блока обработки 7 являются первым и вторым входами узла задержки 12 и входами корреляционных откликов информационных символов. Третий и четвертый входы блока обработки 7 являются входами соответственно узла фильтрации синфазных каналов 11-I и

узла фильтрации квадратурных каналов 11-Q и являются входами корреляционных откликов пилот-символов.

Первый и второй выход узла задержки 12 соединены с третьим и четвертым входами решающего узла 13, первый и второй входы решающего узла 13 соединены  
5 соответственно с выходами узла фильтрации I канала 11-I и узла фильтрации Q канала 11-Q. Первый и второй выходы решающего узла 13 являются выходами мягких решений и выходами блока обработки 7.

Работает блок обработки 7 в устройстве прототипе следующим образом.

На вход блока обработки 7 поступают дискретные комплексные сигналы,  
10 представляющие собой корреляционные отклики информационных и пилот-символов. Оценка комплексной огибающей производится в узлах фильтрации 11-I, 11-Q по корреляционным откликам пилот-символов. Узлы фильтрации 11-I, 11-Q обрабатывают соответственно синфазные и квадратурные составляющие корреляционных откликов пилот-символов. Оценки комплексной огибающей информационных символов с выходов  
15 узлов фильтрации 11-I, 11-Q поступают на первый и второй входы решающего узла 13, на третий и четвертый входы которого поступают синфазные и квадратурные составляющие комплексных корреляционных откликов информационных символов, задержанные в узле задержки 12. Задержка комплексных корреляционных откликов информационных символов необходима для компенсации временной задержки при оценке комплексной огибающей  
20 сигнала в узлах фильтрации 11-I, 11-Q. В решающем узле 13 формируются мягкие решения об информационных символах путем перемножения комплексных корреляционных откликов информационных символов на комплексно сопряженные значения оценок комплексной огибающей.

Узел фильтрации представлен на фиг.6.

25 Узел фильтрации в устройстве прототипе работает следующим образом.

С выхода демодулятора пилот-канала 6 синфазная (квадратурная) составляющая откликов пилот-символов поступает на вход линии задержки 14. Оценки синфазной (квадратурной) составляющей комплексной огибающей представляют собой результат  
30 весового суммирования задержанных в линии задержки 14 синфазной (квадратурной) составляющей комплексных корреляционных откликов пилот-символов. Взвешивание корреляционных откликов пилот-символов осуществляется в перемножителях 15-1 - 15-N. Расчет значений весовых коэффициентов происходит в узле адаптации 17 с использованием задержанных корреляционных откликов пилот-символов и оценки комплексной огибающей.

35 К недостаткам данного способа и устройств квазикогерентного многолучевого приема следует отнести отказ от использования информационных корреляционных откликов для оценки комплексной огибающей. Указанный недостаток обуславливает недостаточно высокую точность демодуляции, особенно, в условиях пилот-сигнала с низким уровнем мощности. Учет этой информации в алгоритме оценки комплексной огибающей позволит  
40 повысить его эффективность.

Задача, которую решает предлагаемое изобретение, - повышение помехоустойчивости приема сигналов с непрерывным относительно слабым пилот-сигналом в произвольных каналах, в том числе с быстрыми замираниями.

Для решения этой задачи в способ квазикогерентного приема многолучевого сигнала, содержащего информационную и пилот-составляющие, заключающийся в том, что для  
45 каждой компоненты многолучевого сигнала формируют последовательность корреляционных откликов пилот и информационных символов, определяя корреляцию входного сигнала с известной ПСП на интервалах длительности каждого символа, запоминают корреляционные отклики пилот и информационных символов, для каждой  
50 компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу, фильтруя корреляционные отклики пилот-символов, для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных

символов и оценки комплексной огибающей этих символов, формируют объединенные мягкие решения об информационных символах, суммируя мягкие решения об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала, отличающийся тем, что

5 - запоминают оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу;

- формирование объединенных мягких решений об информационных символах осуществляют в М этапов;  
при этом

10 - на первом этапе принимают жесткие решения первого этапа об информационных символах по объединенным мягким решениям об информационных символах, на последующих этапах принимают жесткие решения текущего этапа об информационных символах по объединенным мягким решениям предыдущего этапа;

- на каждом этапе:

15 - для каждой компоненты многолучевого сигнала сравнивают модуль корреляционных откликов информационных символов с заданным порогом, если порог превышен, для соответствующих информационных символов формируют оценки комплексной огибающей этих символов;

20 - для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу, фильтруя сформированные оценки комплексной огибающей информационных символов компоненты многолучевого сигнала;

25 - для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов по оценкам комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу и оценкам комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу;

- для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения текущего этапа об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных символов и объединенные оценки комплексной огибающей этих символов;

30 - формируют объединенные мягкие решения текущего этапа об информационных символах, суммируя мягкие решения текущего этапа об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала.

За окончательные мягкие решения об информационных символах принимают объединенные мягкие решения об информационных символах последнего М-го этапа.

35 Корреляционные отклики пилот-символов фильтруют, например, формируя взвешенные суммы корреляционных откликов пилот-символов.

Весовые коэффициенты фильтрации определяют, например, используя оценку автокорреляционной функции синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей символов.

40 Мягкие решения об информационных символах формируют, например, умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные оценки комплексной огибающей информационных символов.

Оценки комплексной огибающей информационных символов формируют, например, умножая корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные жесткие решения о соответствующих информационных символах.

45 Объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов формируют, например, суммируя соответствующие оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу и оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу.

50 Порог выбирают, например, равным 0,2 от величины среднего модуля корреляционных откликов информационных символов.

Оценки комплексной огибающей информационных символов фильтруют, например, формируя взвешенные суммы оценок комплексной огибающей информационных символов.

Мягкие решения текущего этапа об информационных символах формируют, например,

умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов.

Для решения той же задачи в устройство квазикогерентного приема многолучевого сигнала, содержащее N однолучевых квазикогерентных приемников, блок управления, 5 первый и второй сумматоры, каждый однолучевый квазикогерентный приемник содержит демодулятор информационного канала и демодулятор пилот-канала, блок обработки, причем первые и вторые входы демодуляторов информационного канала и демодуляторов пилот-канала объединены между собой и являются первым и вторым входами каждого однолучевого квазикогерентного приемника и входами синфазной и квадратурной 10 составляющих входного многолучевого сигнала, третьи входы демодуляторов информационного канала и демодуляторов пилот-канала объединены, являются третьим входом каждого однолучевого квазикогерентного приемника и соединены с соответствующим выходом блока управления, который является выходом временных положений сигналов лучей, в каждом однолучевом квазикогерентном приемнике первый и 15 второй выходы демодулятора информационного канала, которые являются выходами корреляционных откликов информационных символов, соединены с первым и вторым входами блока обработки, первый и второй выходы демодулятора пилот-канала, которые являются выходами корреляционных откликов пилот-символов, соединены с третьим и четвертым входами блока обработки, выходы блока обработки, которые являются 20 одновременно выходами соответствующего однолучевого квазикогерентного приемника и выходами мягких решений об информационных символах, соединены с соответствующими входами первого и второго сумматоров,

дополнительно введены блок синхронизации, первый и второй коммутаторы, первый и второй решающие блоки, причем выход первого и второго сумматоров являются выходами 25 объединенных мягких решений об информационных символах и соединены соответственно с первыми входами первого и второго коммутаторов, вторые входы первого и второго коммутаторов являются управляющими и соединены со вторым выходом блока синхронизации, пятый и шестой входы блока обработки каждого однолучевого квазикогерентного приемника являются входами жестких решений об информационных 30 символах и соединены с выходами первого и второго решающих блоков, седьмой вход блока обработки каждого однолучевого приемника является входом синхронизации и соединен с первым выходом блока синхронизации, первые выходы первого и второго коммутаторов соединены соответственно с входами первого и второго решающих блоков, которые являются входами объединенных мягких решений, вторые выходы первого и 35 второго коммутаторов являются выходами окончательных мягких решений об информационных символах и выходами устройства квазикогерентного приема многолучевого сигнала.

В блок обработки однолучевого квазикогерентного приемника, содержащий первые узлы фильтрации синфазного и квадратурного каналов, первый узел задержки, решающий узел, 40 причем первый и второй входы первого узла задержки являются входами корреляционных откликов информационных символов и первым и вторым входами блока обработки, входы первых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов являются входами корреляционных откликов пилот-символов и третьим и четвертым входами блока обработки, первый и второй выходы решающего узла являются выходами мягких решений 45 об информационных символах и выходами блока обработки,

дополнительно введены вторые узлы фильтрации синфазного и квадратурного каналов, первый и второй узлы памяти, первый и второй сумматоры, второй узел задержки, узел сравнения с порогом, узел снятия информации, причем первый и второй выход первого узла задержки соединены с первым и вторым входами первого узла памяти, третий вход 50 которого является управляющим входом, выходы первых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов, которые являются выходами оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу соединены с первым и вторым входами второго узла памяти, третий вход которого является управляющим, третьи входы первого и



второго узлов памяти объединены в седьмой вход блока обработки, который является управляющим, выходы оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу второго узла памяти соединены с первыми входами первого и второго сумматоров, вторые входы первого и второго сумматоров соединены с первым и вторым выходами второго узла задержки, которые являются выходами оценки комплексной огибающей по информационному каналу, выходы первого и второго сумматоров являются выходами синфазных и квадратурных составляющих объединенных оценок комплексной огибающей информационных символов и соединены с первым и вторым входами решающего узла, первый и второй выходы первого узла памяти являются выходами синфазных и квадратурных составляющих комплексных корреляционных откликов информационных символов и соединены с третьим и четвертым входами решающего узла и первым и вторым входами узла сравнения с порогом, выходы узла сравнения с порогом являются выходами синфазных и квадратурных составляющих соответствующих комплексных корреляционных откликов информационных символов и соединены с третьим и четвертым входами узла снятия информации, первый и второй входы которого являются входами жестких решений об информационных символах и пятым и шестым входами блока обработки, первый и второй выходы узла снятия информации являются выходами оценки синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей информационных символов и соединены со входами вторых узлов фильтрации синфазной и квадратурной составляющих, выходы которых соединены с первым и вторым входами второго узла задержки.

Графические материалы, представленные в материалах заявки:

Фиг.1 - пример последовательности информационных символов и пилот-символов.

Фиг.2 - оценка комплексной огибающей информационного символа.

Фиг.3 - оценка комплексной огибающей пилот-символов.

Фиг.4 - блок-схема устройства квазикогерентного приема многолучевого сигнала (прототип).

Фиг.5 - структурная схема блока обработки однолучевого квазикогерентного приемника (прототип).

Фиг.6 - пример выполнения узлов фильтрации блока обработки.

Фиг.7 - блок-схема предлагаемого устройства квазикогерентного приема многолучевого сигнала.

Фиг.8 - структурная схема предлагаемого блока обработки однолучевого квазикогерентного приемника.

Фиг.9 - пример выполнения узла памяти блока обработки.

Фиг.10 - зависимость вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум на бит.

Данное изобретение представляет собой способ квазикогерентного приема многолучевого сигнала с непрерывным пилот-сигналом, устройство для его реализации и блок обработки для этого устройства.

Предлагаемый способ квазикогерентного приема многолучевого сигнала, имеющего информационную и пилот-составляющие, заключается в следующем:

- для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют последовательность корреляционных откликов пилот и информационных символов, определяя корреляцию входного сигнала с известной ПСП на интервалах длительности каждого символа;
- запоминают корреляционные отклики пилот и информационных символов;
- для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу, фильтруя корреляционные отклики пилот-символов, и запоминают их;
- для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных символов и оценки комплексной огибающей этих символов по пилот-каналу;
- формируют объединенные мягкие решения об информационных символах, суммируя мягкие решения об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала;

- формируют окончательные объединенные мягкие решения об информационных символах в М этапов, выполняя на каждом этапе следующие операции:

5 - на первом этапе принимают жесткие решения первого этапа об информационных символах по объединенным мягким решениям об информационных символах, на последующих этапах принимают жесткие решения текущего этапа об информационных символах по объединенным мягким решениям предыдущего этапа;

10 - для каждой компоненты многолучевого сигнала сравнивают модуль корреляционных откликов информационных символов с заданным порогом, если порог превышен, для соответствующих информационных символов формируют оценки комплексной огибающей этих символов;

- для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу, фильтруя сформированные оценки комплексной огибающей информационных символов компоненты многолучевого сигнала;

15 - для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов по оценкам комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу и оценкам комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу;

20 - для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения текущего этапа об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных символов и объединенные оценки комплексной огибающей этих символов;

- формируют объединенные мягкие решения текущего этапа об информационных символах, суммируя мягкие решения текущего этапа об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала.

25 За окончательные мягкие решения об информационных символах принимают объединенные мягкие решения об информационных символах последнего М-го этапа.

Корреляционные отклики пилот-символов фильтруют, например, формируя взвешенные суммы корреляционных откликов пилот-символов.

30 Весовые коэффициенты фильтрации определяют, например, используя оценку автокорреляционной функции синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей символов.

Мягкие решения об информационных символах формируют, например, умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные оценки комплексной огибающей информационных символов.

35 Оценки комплексной огибающей информационных символов формируют, например, умножая корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные жесткие решения о соответствующих информационных символах.

40 Объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов формируют, например, суммируя соответствующие оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу и оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу.

Порог выбирают, например, равным 0,2 от величины среднего модуля корреляционных откликов информационных символов.

45 Оценки комплексной огибающей информационных символов фильтруют, например, формируя взвешенные суммы оценок комплексной огибающей информационных символов.

Мягкие решения текущего этапа об информационных символах формируют, например, умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов.

50 Для реализации такого способа используется устройство, представленное на фиг.7, где обозначено:

- 1 - однолучевые квазиогерентные приемники,
- 5 - демодулятор информационного канала,
- 6 - демодулятор пилот-канала,

- 7 - блок обработки,
- 8, 9 - первый и второй сумматоры,
- 10 - блок управления,
- 18 - блок синхронизации,
- 5 19, 21 - первый и второй коммутаторы,
- 20, 22 - первый и второй решающие блоки.

Устройство содержит N однолучевых квазикогерентных приемников 1-1 - 1-N, блок управления 10, блок синхронизации 18, первый 8 и второй 9 сумматоры, первый 19 и второй 21 коммутаторы, первый 20 и второй 22 решающие блоки. В состав каждого приемника 1-1 - 1-N входят демодуляторы информационного 5 и пилот-канала 6 и блок обработки 7. Первые и вторые входы демодуляторов информационного 5 и пилот-канала 6 объединены между собой и являются входами синфазной и квадратурной составляющих входного многолучевого сигнала и первым и вторым входами каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N. Третий вход демодуляторов информационного 5 и пилот-канала 6 является третьим входом каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N и соединен с соответствующим выходом блока управления 10, который является выходом значений временных положений сигналов лучей в принимаемом многолучевом сигнале. Первый и второй выходы демодулятора информационного канала 5, которые являются выходами корреляционных откликов информационных символов, соединены с первым и вторым входами блока обработки 7. Первый и второй выходы демодулятора пилот-канала 6, которые являются выходами корреляционных откликов пилот-символов, соединены с третьим и четвертым входами блока обработки 7. Выходы блока обработки 7, которые являются одновременно выходами соответствующего однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N и выходами мягких решений об информационных символах, соединены с соответствующими входами первого 8 и второго 9 сумматоров. Выходы сумматоров 8 и 9 являются выходами объединенных мягких решений об информационных символах и соединены соответственно с первыми входами первого 19 и второго 21 коммутаторов. Вторые входы коммутаторов 19 и 21 являются управляющими и соединены со вторым выходом блока синхронизации 18. Пятый и шестой входы блока обработки 7 каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-1 - 1-N являются входами жестких решений об информационных символах и соединены с выходами первого и второго решающих блоков 20 и 22. Седьмой вход блока обработки 7 каждого однолучевого приемника является входом синхронизации и соединен с первым выходом блока синхронизации 18. Первые выходы коммутаторов 19 и 21 соединены со входами объединенных мягких решений соответствующих решающих блоков 20 и 22. Вторые выходы коммутаторов 19, 21 являются выходами окончательных мягких решений об информационных символах и выходами устройства квазикогерентного приема многолучевого сигнала.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Синфазная и квадратурная составляющие входного сигнала поступают в однолучевые приемники 1-1 - 1-N, а именно, на первый и второй входы демодуляторов информационного 5 и пилот-канала 6. Работой демодуляторов 5, 6 управляет блок управления 10 в соответствии со значениями временных положений сигналов лучей в принимаемом многолучевом сигнале. С первого и второго выходов демодулятора информационного канала 5 корреляционные отклики информационных символов поступают на первый и второй входы блока обработки 7. С первого и второго выходов демодулятора пилот-канала 6 корреляционные отклики пилот-символов поступают третий и четвертый входы блока обработки 7.

На пятый и шестой входы блока обработки 7 поступают жесткие решения об информационных символах с выходов решающих блоков 20 и 22. Выходные сигналы блока обработки 7 являются одновременно выходными сигналами соответствующего однолучевого приемника 1-1 - 1-N и представляют собой мягкие решения об информационных символах сигнала луча. С первого и второго выходов блока обработки 7

каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-I,  $I = \overline{1-N}$  синфазные и квадратурные составляющие мягких решений об информационных символах поступают на I-ые входы соответственно первого и второго сумматоров 8, 9. В сумматорах 8 и 9 синфазные и квадратурные составляющие мягких решений всех однолучевых приемников объединяются, а именно, суммируются. Результаты объединения мягких решений с выходов сумматоров 8, 9 поступают на входы коммутаторов 19 и 20 соответственно. Коммутаторы 19, 21 в зависимости от управляющего сигнала, поступающего на управляющие входы с блока синхронизации 18, подают объединенные мягкие решения информационных символов на первые или вторые свои выходы. С первых выходов коммутаторов 19 и 21 объединенные мягкие решения поступают на соответствующие решающие блоки 20, 22, где принимаются жесткие решения об информационных символах посредством сравнения объединенных мягких решений с порогами, определяемыми видом модуляции. Жесткие решения об информационных символах поступают на входы блока обработки 7 каждого однолучевого квазикогерентного приемника 1-I,  $I = \overline{1-N}$ , где используются для получения мягких решений о других информационных символах. Выходные сигналы многолучевого квазикогерентного устройства поступают со вторых выходов коммутаторов 19, 21 и представляют собой окончательные мягкие решения об информационных символах.

Блок управления 10 и блок синхронизации 18 обеспечивают синхронность работы блоков приемника и могут быть реализованы на современных микропроцессорах цифровой обработки сигналов (DSP), например, TMS 320Cxx, Motorola 56xxx, Intel и т.п.

Блок обработки 7 однолучевых квазикогерентных приемников 1-1 - 1-N может быть полностью реализован на цифровом процессоре, структурная схема такого блока представлена на фиг.8, где обозначено:

- 11-I, 11-Q - первые узлы фильтрации синфазного и квадратурного каналов,
- 12, 27 - первый и второй узлы задержки,
- 13 - решающий узел,
- 23, 24 - первый и второй узлы памяти,
- 25, 26 - первый и второй сумматоры,
- 28 - узел сравнения с порогом,
- 29-I, 29-Q - вторые узлы фильтрации синфазного и квадратурного каналов,
- 30 - узел снятия информации.

Первый и второй входы блока обработки 7 являются первым и вторым входами первого узла задержки 12 и входами корреляционных откликов информационных символов. Третий и четвертый входы блока обработки 7 являются входами первых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов 11-I - 11-Q и входами корреляционных откликов пилот-символов. Первый и второй выход первого узла задержки 12 соединены с первым и вторым входами первого узла памяти 23, третий вход которого является управляющим входом. Выходы первых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов 11-I - 11-Q, которые являются выходами оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу, соединены с первым и вторым входами второго узла памяти 24, третий вход которого является управляющим. Управляющие входы первого узла памяти 23, второго узла памяти 24 объединены и являются седьмым входом блока обработки 7. Выходы оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу узла памяти 24 соединены с первыми входами сумматоров 25 и 26, вторые входы сумматоров 25 и 26 соединены с выходами второго узла задержки 27, которые являются выходами сигналов нулевого уровня и оценок комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу. Выходы сумматоров 25 и 26 являются выходами синфазных и квадратурных составляющих оценок комплексной огибающей информационных символов и соединены с первым и вторым входами решающего узла 13. Первый и второй выходы первого узла памяти 23 являются выходами синфазных и квадратурных составляющих комплексных корреляционных откликов информационных символов и соединены с третьим и четвертым входами решающего узла 13 и первым и вторым входами узла сравнения с

порогом 28. Выходы узла сравнения с порогом 28 являются выходами синфазных и квадратурных составляющих соответствующих комплексных корреляционных откликов информационных символов и соединены с третьим и четвертым входами узла снятия информации 30, первый и второй входы узла снятия информации 30 являются пятым и шестым входами блока обработки 7 и входами жестких решений об информационных символах. Первый и второй выходы узла снятия информации 30 являются выходами оценки синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей информационных символов и соединены со входами вторых узлов фильтрации синфазной и квадратурной составляющих 29-I, 29-Q. Выходы вторых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов 29-I, 29-Q соединены с первым и вторым входами второго узла задержки 27. Первый и второй выходы решающего узла 13 являются выходами мягких решений об информационных символах и выходами блока обработки 7.

Работает блок обработки 7 следующим образом.

На вход блока обработки 7 поступают последовательности комплексных корреляционных откликов информационных и пилот-символов. Корреляционные отклики пилот-символов поступают на входы узлов фильтрации 11-I, 11-Q. Узлы фильтрации 11-I, 11-Q обрабатывают соответственно синфазные и квадратурные составляющие входного пилот-сигнала. В узлах фильтрации 11-I, 11-Q корреляционные отклики пилот-символов подвергаются весовому суммированию. Весовые коэффициенты элемента фильтрации зависят от статистики канала. С выходов узлов фильтрации 11-I, 11-Q оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу поступают на первый и второй входы узла памяти 24, где они запоминаются в течение заданного промежутка времени. Узел памяти 24 представляет собой два параллельных стандартных элемента памяти. С выходов узла памяти 24 оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу поступают на первые входы сумматоров 25 и 26, на вторые входы сумматоров 25 и 26 с узла задержки 27 поступают: до M-этапной процедуры - сигналы нулевого уровня, во время M-этапной процедуры - оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу. С выходов сумматоров 25 и 26 синфазные и квадратурные составляющие оценок комплексной огибающей информационных символов поступают на первый и второй входы решающего узла 13, на третий и четвертый входы которого поступают синфазные и квадратурные составляющие комплексных корреляционных откликов информационных символов с узла памяти 23.

Узел памяти 23 хранит синфазные и квадратурные составляющие комплексных корреляционных откликов информационных символов, поступающих на его вход через узел задержки 12. Задержка комплексных корреляционных откликов символов в узле задержки 12 необходима для компенсации временной задержки при оценке комплексной огибающей сигнала в узлах фильтрации 11-I, 11-Q. Узлы задержки 12 и 27 представляют собой два параллельных стандартных устройства задержки.

В решающем узле 13 формируются мягкие решения об информационных символах путем перемножения комплексных корреляционных откликов информационных символов на нормированные комплексно сопряженные значения оценок комплексной огибающей этих символов. Эти мягкие решения после объединения по всем лучам используются для последующего получения жестких решений об информационных символах. Жесткие решения об информационных символах, полученные в решающих блоках 20, 22 (см. фиг.7), поступают на первый и второй входы узла снятия информации 30.

С выходов узла памяти 23 синфазные и квадратурные составляющие комплексных корреляционных откликов информационных символов поступают на решающий узел 13 и узел сравнения с порогом 28. В узле сравнения с порогом 28 формируют модули комплексных корреляционных откликов информационных символов и сравнивают их с заданным порогом. В случае превышения порога с выходов узла сравнения с порогом 28 синфазные и квадратурные составляющие соответствующих комплексных корреляционных откликов информационных символов поступают на третий и четвертый входы узла снятия информации 30. В противном случае на третий и четвертый входы узла снятия

информации 30 поступают нулевые значения.

Снятие информации в узле снятия информации 30 производится путем умножения корреляционных откликов информационных символов (или нулевых значений) на нормированные комплексно сопряженные жесткие решения об информационных символах.

5 Полученные после снятия информации оценки синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей информационных символов с первого и второго выходов узла снятия информации 30 поступают на входы узлов фильтрации 29-I, 29-Q. В результате линейной фильтрации в узлах фильтрации 29-I, 29-Q формируются оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу, которые с выходов

10 узлов фильтрации 29-I, 29-Q поступают через узел задержки 27 на вторые входы сумматоров 25 и 26, где используются для получения объединенных оценок комплексной огибающей. Задержка уточненных оценок комплексной огибающей символов в узле задержки 27 необходима для синхронизации работы сумматоров 25, 26. Узлы памяти 23, 24 в зависимости от этапа работы устройства функционируют (запоминают, хранят, выдают

15 информацию и обнуляют содержимое) в соответствии с управляющим сигналом, поступающим с блока синхронизации 18.

Процесс получения оценок информационных символов в решающих блоках 20, 22 сравнения с порогом в узле 28 формирования оценок комплексной огибающей в узле снятия информации 30, их фильтрации в узлах фильтрации 29-I, 29-Q, получения

20 объединенных оценок комплексной огибающей в сумматорах 25, 26 и мягких решений в узле 13, их объединения по всем однолучевым приемникам в сумматорах 8, 9, повторяют  $M$  раз.

Пример реализации узла памяти 23 представлен на фиг.9.

Узел памяти 23 содержит первый 31 и второй 32 элементы коммутации, первый 33,

25 второй 34, третий 35 и четвертый 36 элементы памяти.

Поступающая на вход узла памяти 23 последовательность комплексных корреляционных откликов информационных символов делится на равные блоки. Синфазные составляющие комплексных корреляционных откликов информационных символов блоков последовательно записывают в элементы памяти 33 и 34, квадратурные

30 составляющие - в элементы памяти 35 и 36. На время итеративной обработки предыдущего блока синфазных и квадратурных составляющих комплексных корреляционных откликов информационных символов, хранящихся, например, в элементах памяти 33, 35, поступающие на вход узла памяти 23 синфазные и квадратурные составляющие комплексных корреляционных откликов символов запоминаются в

35 элементах памяти 34, 36, и наоборот. Переключение входных корреляционных откликов символов на соответствующие входы элементов памяти осуществляют элементы коммутации 31, 32 в соответствии с управляющими сигналами, поступающими с блока синхронизации 18.

На фиг.10 приведены кривые зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал-шум (суммарного полезного сигнала к спектральной плотности мощности шума) на бит для заявляемого способа и способа прототипа, полученные с помощью компьютерного моделирования.

Принимаемый сигнал представлял собой последовательность информационных и пилот-символов длительностью 62,5 мкс. Замирания сигнала соответствовали модели

45 Джекса. Произведение частоты замираний на длительность символа выбиралось 0,014, что при частоте несущей 2 ГГц соответствует скорости движения абонента 120 км/ч. Отношение мощностей информационного сигнала к пилот-сигналу принималось равным 10.

Как видно из фиг.10, применение заявляемого способа позволяет существенно улучшить характеристики приема.

50 Таким образом, применение заявляемого способа позволяет обеспечить помехоустойчивость и емкость системы связи, которая недостижима при использовании известных алгоритмов.

## Формула изобретения

1. Способ квазикогерентного приема многолучевого сигнала, содержащего информационную и пилот-составляющие, заключающийся в том, что для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют последовательность корреляционных откликов пилот- и информационных символов, определяя корреляцию входного сигнала с известной псевдослучайной последовательностью на интервалах длительности каждого символа, запоминают корреляционные отклики пилот- и информационных символов, для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу, фильтруя корреляционные отклики пилот-символов, для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных символов и оценки комплексной огибающей этих символов, формируют объединенные мягкие решения об информационных символах, суммируя мягкие решения об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала, отличающийся тем, что оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу запоминают, формирование окончательных объединенных мягких решений об информационных символах осуществляют в  $M$  этапов, при этом на первом этапе принимают жесткие решения первого этапа об информационных символах по объединенным мягким решениям об информационных символах, на последующих этапах принимают жесткие решения текущего этапа об информационных символах по объединенным мягким решениям предыдущего этапа, на каждом этапе для каждой компоненты многолучевого сигнала сравнивают модуль корреляционных откликов информационных символов с заданным порогом, если порог превышен, для соответствующих информационных символов формируют оценки комплексной огибающей этих символов, для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу, фильтруя сформированные оценки комплексной огибающей информационных символов компоненты многолучевого сигнала, для каждой компоненты многолучевого сигнала формируют объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов по оценкам комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу и оценкам комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу, для каждой компоненты многолучевого сигнала получают мягкие решения текущего этапа об информационных символах, используя корреляционные отклики информационных символов и объединенные оценки комплексной огибающей этих символов, формируют объединенные мягкие решения текущего этапа об информационных символах, суммируя мягкие решения текущего этапа об информационных символах всех компонент многолучевого сигнала, за окончательные мягкие решения об информационных символах принимают объединенные мягкие решения об информационных символах последнего  $M$ -го этапа.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что корреляционные отклики пилот-символов фильтруют путем формирования взвешенных сумм корреляционных откликов пилот-символов.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что весовые коэффициенты фильтрации определяют, используя оценку автокорреляционной функции синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей символов.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что мягкие решения об информационных символах формируют, умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные оценки комплексной огибающей информационных символов.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что оценки комплексной огибающей информационных символов формируют, умножая корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные жесткие решения о соответствующих информационных символах.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов формируют, суммируя соответствующие оценки комплексной

огибающей информационных символов по пилот-каналу и оценки комплексной огибающей информационных символов по информационному каналу.

5 7. Способ по п.1, отличающийся тем, что оценки комплексной огибающей информационных символов фильтруют, формируя взвешенные суммы оценок комплексной огибающей информационных символов.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что мягкие решения текущего этапа об информационных символах формируют, умножая комплексные корреляционные отклики информационных символов на комплексно сопряженные объединенные оценки комплексной огибающей информационных символов.

10 9. Устройство квазикогерентного приема многолучевого сигнала, содержащее N однолучевых квазикогерентных приемников, блок управления, первый и второй сумматоры, каждый однолучевый квазикогерентный приемник содержит демодулятор  
15 информационного канала и демодулятор пилот-канала, блок обработки, содержащий первые узлы фильтрации синфазного и квадратурного каналов, первый узел задержки, решающий узел, причем первый и второй входы первого узла задержки являются входами корреляционных откликов информационных символов и первым и вторым входами блока  
20 обработки, входы первых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов являются входами корреляционных откликов пилот-символов и третьим и четвертым входами блока обработки, первый и второй выходы решающего узла являются выходами мягких решений об информационных символах и выходами блока обработки, причем первые и вторые  
25 входы демодуляторов информационного канала и демодуляторов пилот-канала объединены между собой и являются первым и вторым входами каждого однолучевого квазикогерентного приемника и входами синфазной и квадратурной составляющих входного многолучевого сигнала, третьи входы демодуляторов информационного канала и демодуляторов пилот-канала объединены, являются третьим входом каждого  
30 однолучевого квазикогерентного приемника и соединены с соответствующим выходом блока управления, который является выходом временных положений сигналов лучей, в каждом однолучевом квазикогерентном приемнике первый и второй выходы демодулятора информационного канала, которые являются выходами корреляционных откликов информационных символов, соединены с первым и вторым входами блока обработки, первый и второй выходы демодулятора пилот-канала, которые являются выходами  
35 корреляционных откликов пилот-символов, соединены с третьим и четвертым входами блока обработки, выходы блока обработки, которые являются одновременно выходами соответствующего однолучевого квазикогерентного приемника и выходами мягких решений об информационных символах, соединены с соответствующими входами первого и второго сумматоров, отличающийся тем, что введены блок синхронизации, первый и второй коммутаторы, первый и второй решающие блоки, в блок обработки дополнительно введены  
40 вторые узлы фильтрации синфазного и квадратурного каналов, первый и второй узлы памяти, первый и второй сумматоры, второй узел задержки, узел сравнения с порогом, узел снятия информации, причем выход первого и второго сумматоров являются выходами объединенных мягких решений об информационных символах и соединены соответственно с первыми входами первого и второго коммутаторов, вторые входы первого и второго коммутаторов являются управляющими и соединены со вторым выходом блока синхронизации, пятый и шестой входы блока обработки каждого однолучевого  
45 квазикогерентного приемника являются входами жестких решений об информационных символах и соединены с выходами первого и второго решающих блоков, седьмой вход блока обработки каждого однолучевого приемника является входом синхронизации и соединен с первым выходом блока синхронизации, первые выходы первого и второго коммутаторов соединены соответственно с входами первого и второго решающих блоков, которые являются входами объединенных мягких решений, вторые выходы первого и  
50 второго коммутаторов являются выходами окончательных мягких решений об информационных символах и выходами устройства квазикогерентного приема многолучевого сигнала, в блоке обработки первый и второй выходы первого узла задержки



соединены с первым и вторым входами первого узла памяти, третий вход которого является управляющим входом, выходы первых узлов фильтрации синфазного и квадратурного каналов, которые являются выходами оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу, соединены с первым и вторым входами  
5 второго узла памяти, третий вход которого является управляющим, третьи входы первого и второго узлов памяти объединены в седьмой вход блока обработки, который является управляющим, выходы оценки комплексной огибающей информационных символов по пилот-каналу второго узла памяти соединены с первыми входами первого и второго сумматоров, вторые входы первого и второго сумматоров соединены с первым и вторым  
10 выходами второго узла задержки, которые являются выходами оценки комплексной огибающей по информационному каналу, выходы первого и второго сумматоров являются выходами синфазных и квадратурных составляющих объединенных оценок комплексной огибающей информационных символов и соединены с первым и вторым входами решающего узла, первый и второй выходы первого узла памяти являются выходами  
15 синфазных и квадратурных составляющих комплексных корреляционных откликов информационных символов и соединены с третьим и четвертым входами решающего узла и первым и вторым входами узла сравнения с порогом, выходы узла сравнения с порогом являются выходами синфазных и квадратурных составляющих соответствующих комплексных корреляционных откликов информационных символов и соединены с третьим  
20 и четвертым входами узла снятия информации, первый и второй входы которого являются входами жестких решений об информационных символах и пятым и шестым входами блока обработки, первый и второй выходы узла снятия информации являются выходами оценки синфазной и квадратурной составляющих комплексной огибающей информационных символов и соединены со входами вторых узлов фильтрации синфазной и квадратурной  
25 составляющих, выходы которых соединены с первым и вторым входами второго узла задержки.

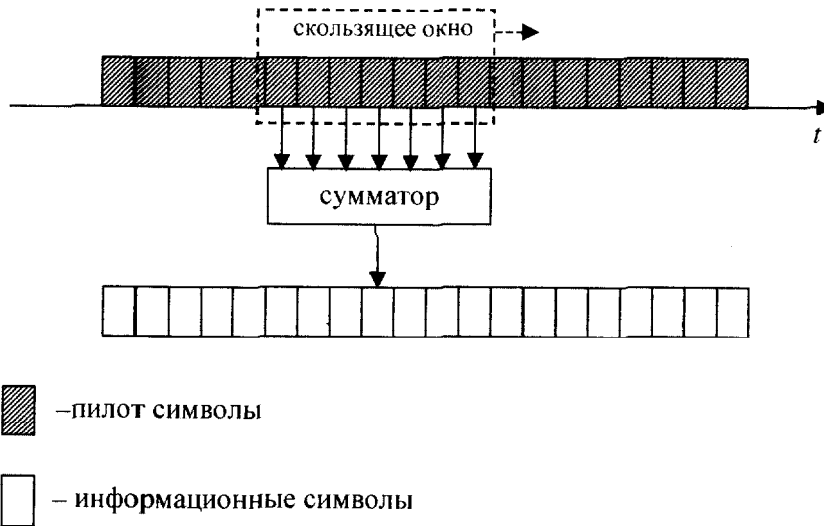
30

35

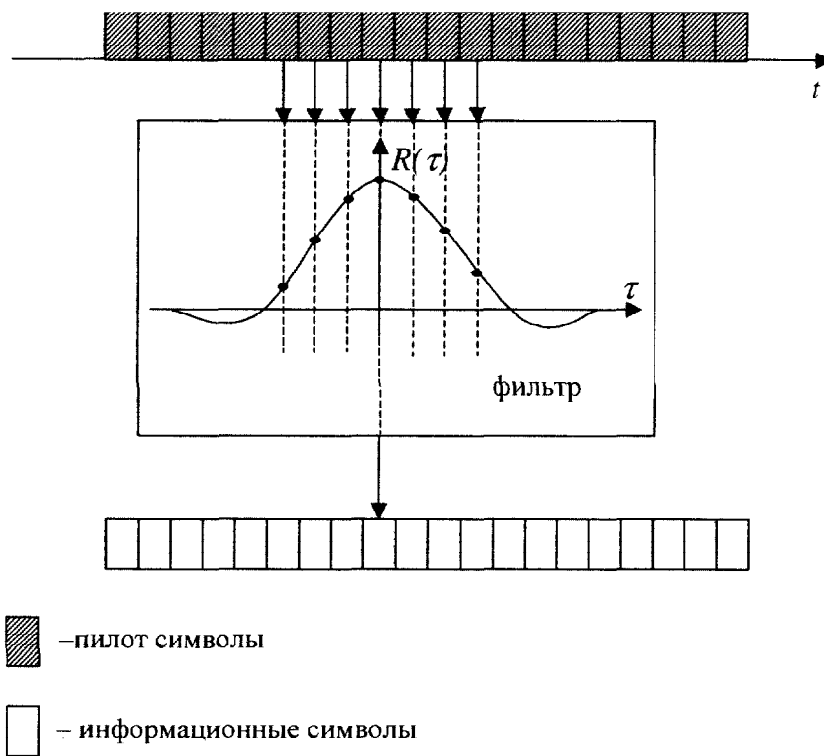
40

45

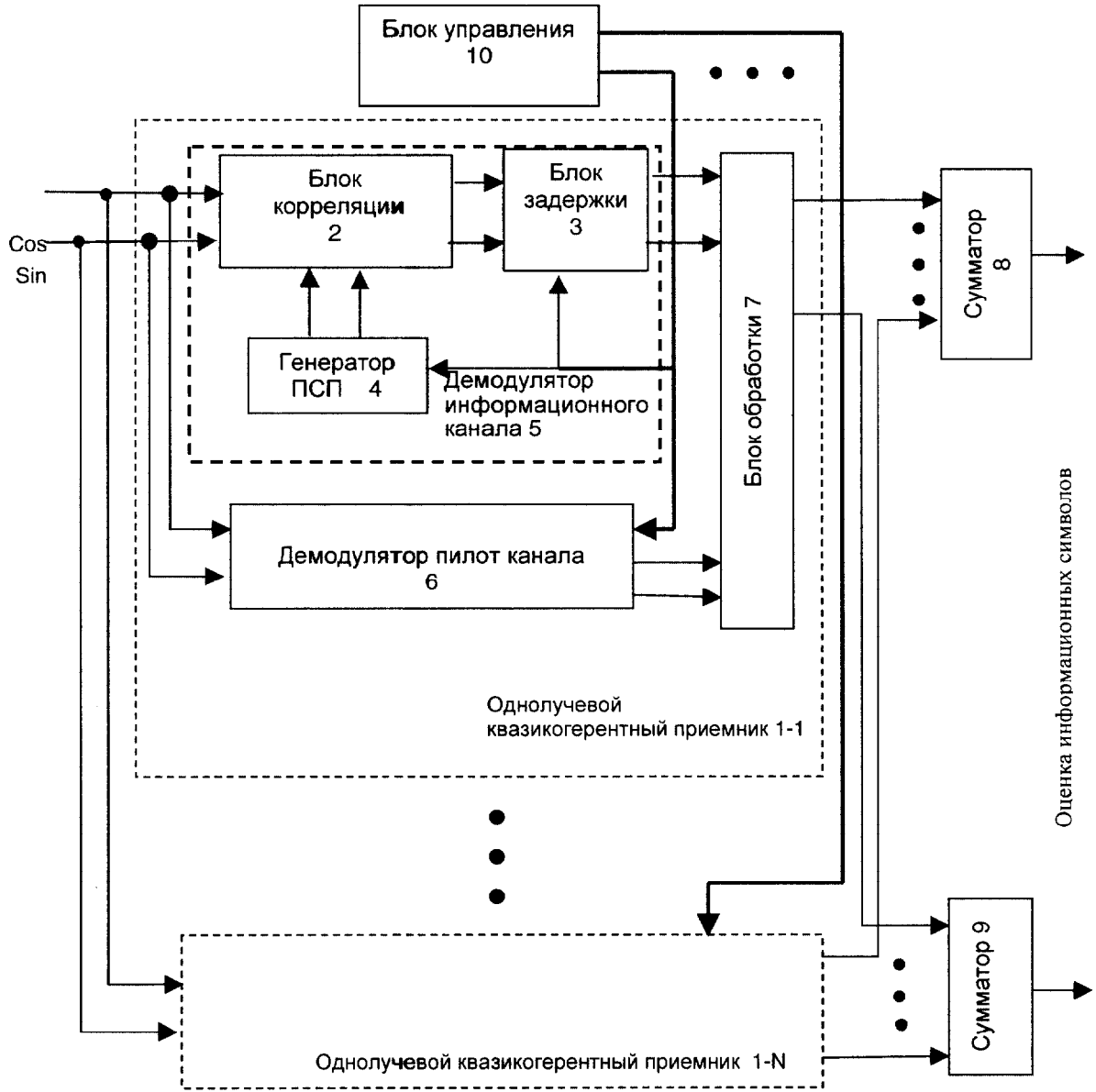
50



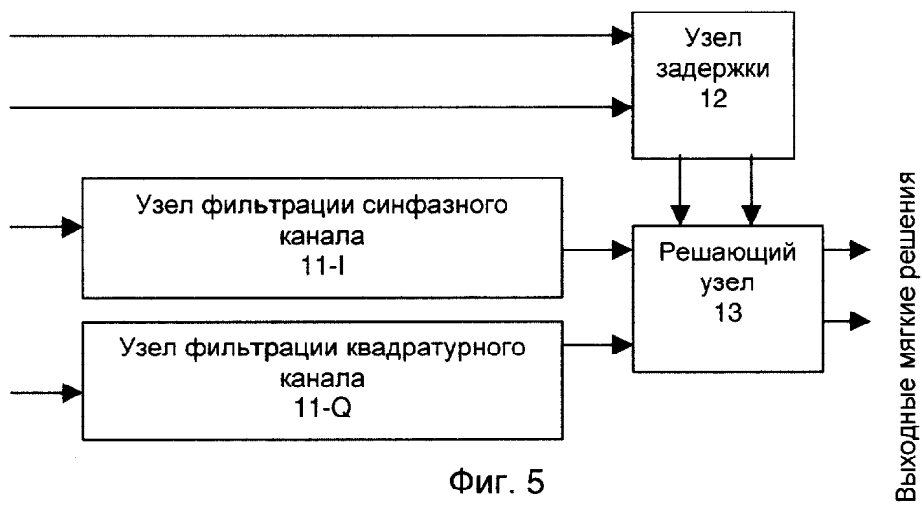
Фиг. 2



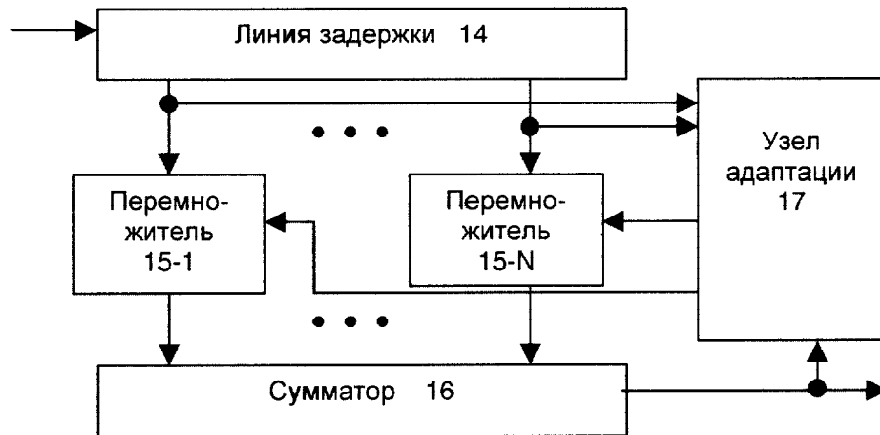
Фиг. 3



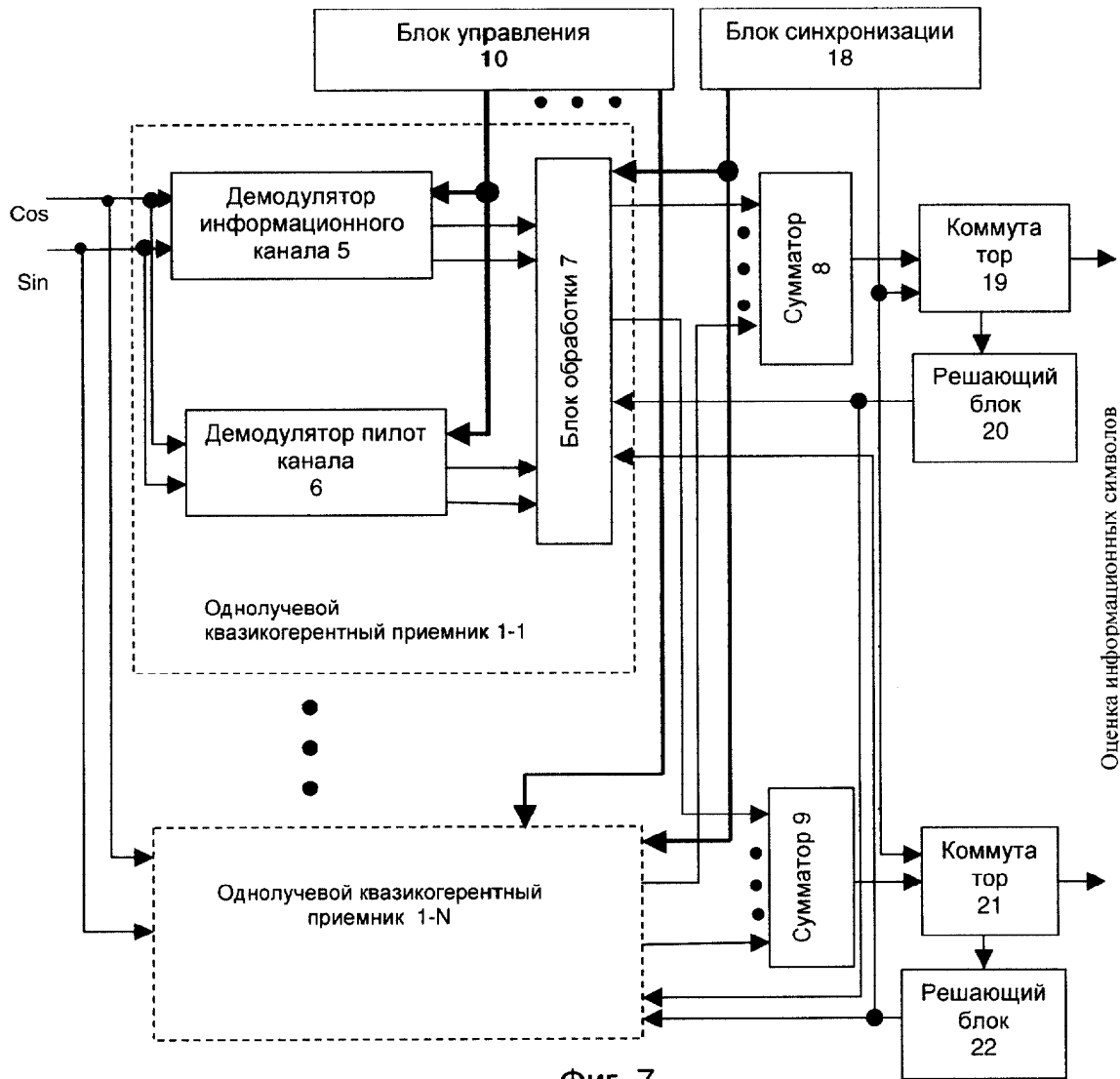
Фиг. 4



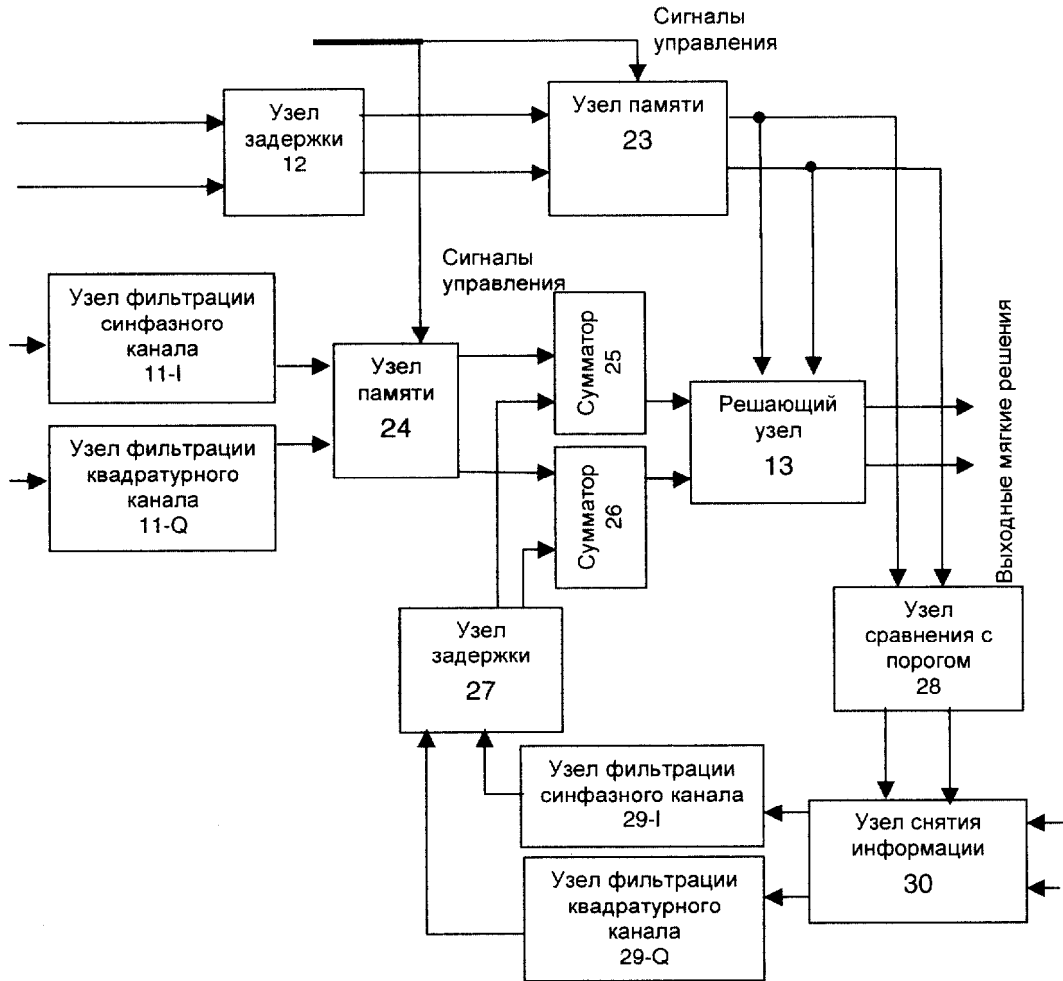
Фиг. 5



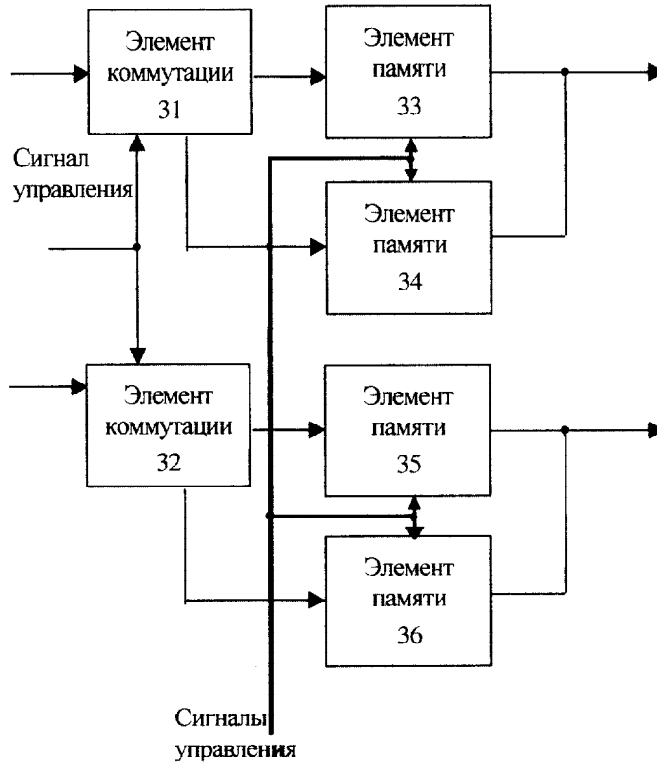
Фиг. 6



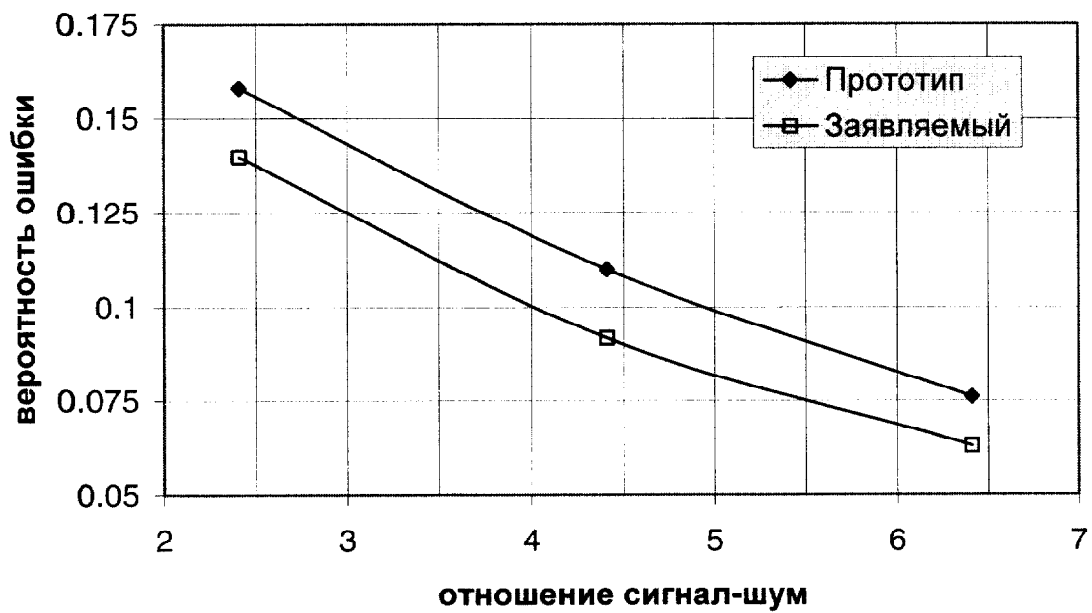
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10